

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Vesa Tuunainen

AVAJAINTUNNISTEEN ASENNUKSEN AUTOMATISOINTI

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2014
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80220 JOENSUU
P +358 50 260 6800

Tekijä
Vesa Tuunainen

Nimeke
Avaintunnisteen asennuksen automatisointi

Toimeksiantaja
Abloy Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää avaintunnisteen asennuksen automatisoinnin kannattavuus Abloy SENTO-avainjärjestelmään. Työ tehtiin toimeksiantajan pyynnöstä. Työn aikana selvitettiin käsityön kustannukset ja mahdollisen automatisoinnin sijoitus valmistusprosessissa. Työn aikana tutustuttiin kuinka käsityövaihe vaikuttaisi työterveyteen.

Työ tehtiin tutkimalla SENTO-avaimien kulutustietoja usean vuoden ajalta. Automaatin sijoituspaikka valmistusprosessissa suunniteltiin suorittamalla käytännön kokeita. Käytännön kokeilla selvitettiin tunnisteen asennuksen vaikutukset lopputuotteen laatuun tuotantoprosessin eri vaiheissa. Suunnittelun apuna käytettiin myös Lean-toimintamallia.

Automaatille valitun sijainnin pohjalta tehtiin tarjouspyynnöt automatisointiin erikoistuneilta yrityksiltä. Saadun tarjouksen perusteella tulokseksi saatiin automatisoinnin takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuaika on todettu melko pitkäksi ja ehdotettu jatkoselvityksen tekemistä. Jatkotutkimuksessa tulee selvittää muiden avainmallien tunnisteen asentaminen samalla automaatilla.

Kieli
suomi

Sivuja 37
Liitteet 2

Asiasanat
automatisointi, Lean, työterveys



THESIS
April 2015
Degree Programme in Mechanical
and Production Engineering

Karjalankatu 3
FIN 80220 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358 50 260 6800

Author
Vesa Tuunainen

Title
Automated installation for key identifier.

Commissioned by
Abloy Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to investigate the feasibility of a possible automatic key indicator assembly machine for SENTO-key system. The work was carried out at the request of the commissioner. During the work, costs of the current installation work and placement for the planned automatic assembly machine were examined.

The thesis was done by examining the SENTO-keys consumption data over several years. Placing for automatic assembly machine in the manufacturing process was designed by running practice tests. The purpose of the practice test was to determine effects in product quality if the installation was performed on different stages of production line. Lean methods were also used for determining the correct placement for the automatic assembly machine. The effects of manual installation on health were generally studied during the work.

Based on the decided placement, requests for offers were made from companies who are specialized in automation. Payback time was calculated based on the received offers. As a result, payback time was found to be somewhat long, so further research is recommended. Further research should be done on the possibility of installing a key indicator on other key models with the same automatic assembly machine.

Language
Finnish

Pages 37
Appendices 2

Keywords
Automation, Lean, occupational health

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	6
1.1	Työn kuvaus	6
1.2	Opinnäytetyön rajaukset	6
2	Abloy Oy:n sekä SENTO-avainjärjestelmän esittely	7
2.1	Abloy Oy	7
2.2	Abloy® SENTO-avainjärjestelmä ja avaintunnisteen merkitys	8
3	Kokoonpanotöiden automatisoinnin teoriaa ja historiaa	9
3.1	Automatisoinnista yleisesti	9
3.2	Kokoonpanotöiden automatisointi	9
4	Lean-toimintamalli	11
4.1	Mitä Lean tarkoittaa	11
4.2	Lean toiminta ASSA ABLOY -konsernissa	12
5	Ergonomia ja työterveys käsikokoonpanotyössä	13
5.1	Toistotyö	13
5.2	Työperäisten rasitusvammojen riskitekijät	13
5.3	Toistotyö avaintunnisteen asennuksessa	14
5.4	Johtopäätökset automatisoinnin vaikutuksista työterveyteen	15
6	Valmistusprosessin ja valmistusmäärien analysointi	16
6.1	Valmistusprosessi raaka-aineesta asiakkaalle	16
6.2	Johtopäätökset valmistusprosessin tämänhetkisestä tilasta	19
7	Toimitusmäärien analysointi	20
7.1	Avaintunnisteiden eri värien osuus toimitetuissa avaimissa	20
7.2	Avainaihioiden ja oranssin tunnisteen kulutus	20
7.3	Koodijyrsinnät käsin ja automaattilla	22
7.4	Johtopäätökset kulutustietojen perusteella	23
8	Automaatin sijainnin suunnittelun käytännön kokeet	23
8.1	Automaatin sijoitukseen vaikuttavat tekijät	23
8.2	Tunnisteen asennus ruiskuvalun jälkeen	24
8.3	Tunnisteen asennus ennen koodijyrsintää	26
9	Automaatin sijoituspaikka ja vaihtoehdot	28
9.1	Sijoituspaikka	28
9.2	Erillislaitte	29
9.3	Koodijyrsintäautomaattiin integroitu yksikkö	29
9.4	Koodijyrsintäautomaatin ja laser-leimauksen välissä	30
9.5	Automaatti osana koodijyrsintäautomaatin syöttölaitteistoa	30
9.6	Johtopäätökset sijoituspaikasta ja vaihtoehdoista	31
10	Tarjouspyynnöt	31
10.1	Tarjouspyynnön lähettäminen sekä toimittajavaihtoehdot	31
10.2	Tarjouspyynnöt	32
10.3	Toimittajien valinta	32
11	Tarjoukset toimittajilta ja takaisinmaksuajan laskeminen	33
11.1	Takaisinmaksuajan laskentakaavat	33
11.2	Takaisinmaksuajan laskennan perusteet	33
11.3	Tarjousten tarkastelu ja johtopäätökset kannattavuudesta	34
12	Pohdinta	35
	Lähteet	37

Liitteet

Liite 1

Liite 2

Avainvalmistusprosessin virtauskaavio

Tarjouspyyntö

1 Johdanto

1.1 Työn kuvaus

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, onko avaintunnisteen asennuksen automatisointi mahdollista ja taloudellisesti järkevää. Automatisoinnin kustannusten tulee pysyä Abloy Oy:n yleisesti käytössä olevan takaisinmaksuajan puitteissa. Mikäli tutkimuksessa päädytään lopputulokseen, jossa automatisointi on kannattavaa, automatisointi on tarkoitus myös toteuttaa.

Tutkimuksen aikana selvitetään Abloy SENTO-avainjärjestelmän tämänhetkinen valmistusprosessi raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi. Opinnäytetyön kuluessa tutkitaan myös vuosittaiset valmistusmäärät ja tunnisteen asennukseen kuluva aika. Opinnäytetyössä selvitetään myös tunnistella varustettujen avainten osuus verraten ilman tunnistetta toimitettujen avainten määrään. Lisäksi automatisoinnista pyydetään tarjouspyynnöt automatisointiin erikoistuneilta yrityksiltä. Suurimpana haasteena on selvitystyö automaatin sijoittamisessa tuotantoketjussa. Sijoituspaikka vaikuttaa automaatilta vaadittaviin ominaisuuksiin ja tätä kautta hintaan. Opinnäytetyön edetessä suoritetaan käytännön kokeita, joilla tutkitaan tunnisteen asennukselle mahdolliset sijoituspaikat, sekä mahdollisen sijoituspaikan vaikutukset tuotteen laatuun. Laitteen sijoittamisen tutkimisessa käytetään hyväksi myös tehtaalla käytössä olevaa Lean-toimintamallia.

1.2 Opinnäytetyön rajaukset

Opinnäytetyössä keskitytään Abloy® SENTO-avainjärjestelmään, sekä yhteen avaintunnisteväriin, oranssiin. Toimeksianto on tehty oletuksella, että värivalikoimassa oranssi on volyymiväri, muiden värien osuus on selkeästi pienempi. Tämä varmistetaan opinnäytetyön alussa.

Tarkempaa selvitystyötä ei muista avainmalleista tehdä, johtuen pääosin erilaisista tunnisteista ja asennustavasta. Mikäli SENTO-avainjärjestelmän kohdalla

automatisointi on toteutettavissa, samaa toimintamallia hyödyntämällä on mahdollista saada hyödyllistä tietoa ja menetelmiä muiden avainmallien tunnisteen automatisointia harkittaessa ja suunniteltaessa. Opinnäytetyöhön kuuluvat tarjouspyyntöjen teko, sekä tarjousten analysointi ja mahdollisen laitetoimittajan valintaan osallistuminen. Toimeksiantajan pyynnöstä opinnäytetyössä ei kerrota tarkkoja valmistusmääriä. Valmistusmenetelmät ja koneet esitellään yleisellä tasolla.

2 Abloy Oy:n sekä SENTO-avainjärjestelmän esittely

2.1 Abloy Oy

Abloy Oy on johtavia lukkojen, lukitusjärjestelmien ja rakennushelojen valmistajia. Abloy Oy on myös sähkölukkojen tuotekehityksen maailman johtaja ja haittalevysylinteriteknologian uranuurtaja.

Asiakkaiden luottamus ABLOY-tuotemerkkiin on ansaittu pitkäjänteisellä työllä, kehittämällä uusia, innovatiivisia tuotteita ja tarjoamalla ammattitaitoista palvelua. Suomessa Abloy Oy:n asiakkaita palvelee 150 ABLOY-valtuutettua lukkoliikettä.

Abloy Oy on osa ASSA ABLOY -konsernia, joka on listattu Tukholman pörssissä. ASSA ABLOY on maailman johtava oviympäristöratkaisujen toimittaja, joka tarjoaa asiakkailleen turvallisia ja helppokäyttöisiä sovelluksia ovien avaamiseen ja sulkemiseen. (Abloy Oy 2015)

Abloy oy Joensuun tehtaan perustamispäätös, sekä peruskiven muuraus tapahtuivat vuonna 1967. Vuoden 1968 alussa valmistuivat lukkotehdasrakennus sekä konttori. Koneet asennettiin tammi-helmikuun aikana ja työntekijöitä ryhdyttiin palkkaamaan helmikuussa. Maaliskuussa 1968 valmistui ensimmäinen Joensuussa valmistettu ABLOY-lukko. (Juvonen 2007, 59–63.)

2.2 Abloy® SENTO-avainjärjestelmä ja avaintunnisteen merkitys

Abloy SENTO on aikaa ja kulutusta kestävä avainjärjestelmä kodin kaikkiin lukitustarpeisiin (kuva1). Tuotevalikoima kattaa niin käyttö- kuin varmuuslukot, riipulukot sekä kalustelukot. AWS-toimintamekanismin (Anti-Wear-System) ansiosta avaimen käyttötuntuma pysyy tarkkana ja lukot avautuvat vaivattoman helposti.



Kuva 1. SENTO avain (Abloy Oy 2015).

Symmetrisen avaimen lehti on mustaa muovia. Tunnistamisen helpottamiseksi lehteen on suunniteltu paikka väritunnisteelle, jotka toimitetaan avainten mukana. Värinastoja on saatavilla kymmentä eri väriä. Väritunnisteet helpottavat suurten avainmäärien tunnistamista. (Abloy Oy 2009.)

ABLOY® SENTO -lukituksen lisäavaimet tilataan turvallisesti Abloy-valtuutetusta lukkoliikkeestä, rekisteröidyn avainkortin avulla. Abloy SENTO -järjestelmän patentti on voimassa 2026 saakka. Mallisuoja on voimassa vuoteen 2034. (Abloy Oy 2015.)

3 Kokoonpanotöiden automatisoinnin teoriaa ja historiaa

3.1 Automatisoinnista yleisesti

Ensimmäiset automaatiota hyödyntävät sovellukset olivat useimmiten ihmisten viihdyttämiseen tarkoitettuja laitteita, kuten soittorasioita ja mekaanisia pianoja. Tulevaisuuden utopioissa kuviteltiin automaation vapauttavan ihmisen raskaista töistä sekä tarjoavan ihmisille mahdollisuuden laiskaan ja yltäkylläiseen elämään. Teollinen murros sai aikaan uusia keksintöjä ja nykyisten automaatiojärjestelmien toiminnot ja rakenneosat ovat saaneet alkunsa 1800-luvun ideoista ja toteutuksista. (Aaltonen & Torvinen 1997, 11.)

Suomessa ei enää ajatella, että automaatio syö työpaikkoja. Tilanne on kääntynyt pääläelleen; automaatio toimii liiketoimintojen edistäjänä. Tuottavuuden tehostaminen on jo pitkään ollut yksi tärkeimmistä keinoista teollisuustuotannon edellytysten säilyttämiseksi Suomessa. Siinä automaatio on ollut tärkeä kehityksen mahdollistaja. Lisäksi automaatiolla saadaan lisäarvoa maassamme valmistettuihin tuotteisiin, tuotannollisiin järjestelmiin sekä suunnittelupalveluihin. (Tekesin katsaus 271 2010.)

Tuotantoautomaatio kiinnostaa yrityksiä ensisijaisesti tuotannon tehostamiskeinona ja mahdollisuutena karsia tuotantokustannuksia. Automatisointia ei kuitenkaan tule pitää itseisarvona, vaan investointien on oltava taloudellisesti kannattavia. Tuotantoautomaatiolla on mahdollista vaikuttaa työtehtävien sisältöön ja tuotannon laatuun sekä ympäristötekijöihin. (Aaltonen & Torvinen 1997, 10.)

3.2 Kokoonpanotöiden automatisointi

Kokoonpano on ollut 1980-luvulle saakka pääosin manuaalista työtä, lukuun ottamatta suurien volyymien valmistukseen investoituja toistuvan sarjatuotannon kokoonpanoautomaatteja. Nämä suurten volyymien kokoonpanoautomaatit ovat

suunniteltu yhden tuotteen kokoonpanoprosessia silmälläpitäen, jolloin ne voidaan luokitella jäykäksi automaatioksi.

Joustavan kokoonpanoautomaatiikan edelläkävijä on ollut elektroniikkateollisuus. Metallituote- ja konepajateollisuus ovat myös aloittaneet kokoonpanoautomaation käyttöönoton. Joustava kokoonpanoautomaatio on osoittautunut sille soveltuvissa tapauksissa sekä teknisesti mahdolliseksi että samalla myös kannattavaksi.

Automatisointi vaikeutuu huomattavasti, sekä automatisoinnin kustannukset kasvavat, jos kokoonpano käsittää mittauksia, säätöjä tai korjauksia, jollaisia usein on esimerkiksi työstökoneiden kokoonpanossa.

Automatisoidun kokoonpanon on oltava kannattavaa tavanomaisin investoinnin kriteerein mitattuna. Kuten yleensäkin uuden tekniikan yhteydessä, joitakin kannattavuuteen vaikuttavia asioita on vaikea mitata rahassa. Tyypillisiä esimerkkejä ovat työvoiman saatavuuden ja palkkakehityksen vaikutukset manuaalisen kokoonpanon kustannuksiin ja tuotteiden laadun hajonnan mahdollinen väheneminen.

Myös käytettävyyteen tulee kiinnittää huomiota automatisointia suunniteltaessa, koska myös tällä on suuri merkitys kannattavuuteen. Hyvän käytettävyyden saavuttamiseksi järjestelmän on toimittava luotettavasti. Myös huollon ja varaosien saatavuuden on oltava nopeaa. Suomesta löytyy valmistajia, joiden tuotevalikoimassa on automaattisen kokoonpanon laitteita ja myös konsulttiapua on Suomalaisilta yrityksistä saatavilla. (Lapinleimu, Kauppinen, & Torvinen 1997, 125–127.)

4 Lean-toimintamalli

4.1 Mitä Lean tarkoittaa

Lean-ajattelu on saanut alkunsa Japanissa, Toyotan tehtailta. Lean-ajattelua ja toimintaa voi soveltaa kaikkialla. Toyotan näkemys Lean-menetelmien soveltamiselle on, että jokaisen organisaation on tunnistettava ja ratkaistava omat haasteensa prosessien, paikkojen, ihmisten sekä kaikkien muiden osatekijöiden pohjalta. Toyotan mielestä muiden ei kuitenkaan kannata jäljitellä sen prosesseja tarkasti. Muissa ympäristöissä toimivien käytäntöjen näkemisestä voi olla hyötyä ideoiden lähteenä, mutta kopioituna käytäntönä ei kuitenkaan saada tasavertaisia tuloksia. Kopioidussa ratkaisussa työntekijät eivät välttämättä pysty omaksumaan ratkaisua, eivätkä sovita sitä uuteen ympäristöön, eivätkä paranna sitä. (Liker & Convis 2012, 12.)

Lean-toiminta on koko yritystä koskeva ajattelun ja toiminnan tapa. ASSA ABLOY-konsernissa Lean on sisällytetty valmistuksen strategiaan. Konsernin toiminnassa se on voimakkaasti mukana laajan Kaizen-toiminnan tukena ja seurantana. Lean on mukana myös investoinneissa ja konehankinnoissa asetusajan ja joustavuuden ollessa entistä suurempana hankintakriteerinä. (Abloy Oy 2014.)

Kaizen-tyyppejä on olemassa kaksi erilaista, jotka edellyttävät päivittäistä toimintaa. Ensimmäinen on ylläpitävä Kaizen, joka on päivittäistä reagointia ennakoimattomaan maailmaan. Käytännössä tämä tarkoittaa, ettei voida estää odottamattomien tapahtumien asioiden tapahtumista. Ylläpitävä Kaizen on reagointia näihin virheisiin, toimintahäiriöihin, muutoksiin ja vaihteluihin, joita ilmenee päivittäin. Ylläpitävällä Kaizenilla pystytään noudattamaan tavoiteltua standardia tuotavuudessa, laadussa ja turvallisuudessa.

Toinen Kaizen-tyyppi on parannus-Kaizen. Tässä ei pelkästään ylläpidetä standardeja, vaan nostetaan rimaa. Toyotan mukaan tavoitteena on täydellisyys ja

tästä syystä jokaisessa prosessissa on parannettavaa. (Liker & Convis 2012, 107.)

4.2 Lean toiminta ASSA ABLOY -konsernissa

Lean-ajattelussa pyritään minimoimaan hukkaa. Tuotteiden tai palveluiden tuotannosta jätetään pois kaikki sellainen toiminta, joka ei tuota varsinaista lisäarvoa asiakkaille. Samalla tehdään jatkuvaa parannustyötä, jolla saadaan aikaan konkreettista hyötyä.

Lean toiminnassa tavoitteeseen päästään kehittämällä toimintoja, jotka antavat asiakkaan näkökulmasta tuotteelle arvoa, sekä poistamalla ja minimoimalla toimintoja, jotka eivät tuota tuotteelle arvoa. Lisäksi kehitetään prosessin ohjausta visuaalisemmaksi sekä imuohjauksen periaatteita noudattavaksi. Arvoa tuottava työ on kaikkia niitä toimintoja, joista asiakas on valmis maksamaan, kuten poraus, jyrsiminen ja kokoonpano. Hukkaa voi aiheutua myös hukatusta materiaalista esimerkiksi laatuongelmien vuoksi.

Arvoa tuottamaton työ jaetaan hukkaan 1 ja hukkaan 2:

- Hukka 1 ei tuota lisäarvoa tuotteelle, eikä se ole välttämätöntä prosessille, esimerkkeinä työkalujen etsintä tai koneiden odottelu.
- Hukka 2 ei tuota lisäarvoa tuotteelle, mutta ovat välttämättömiä prosessin toiminnalle. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi asetukset, tarkastus, testaus ja pakkaus.

Lean-toiminnassa tavoitteena on hukan 1 poistaminen ja hukan 2 minimointi. Uusien tuotteiden ja toimintojen osalta hukkien ennaltaehkäisy on tärkeässä osassa toimintaa. (Abloy Oy, 2015.)

5 Ergonomia ja työterveys käsikokoonpanotyössä

5.1 Toistotyö

Lyhytvaiheiset kokoonpanotyöt ovat toistotyötä. Työ tehdään manuaalisesti käsin ja samantapaiset liikkeet toistuvat. Toistotyön riskeinä ovat erilaiset rasisussairaudet, jotka kuitenkin ovat ehkäistävissä esimerkiksi kiinnittämällä huomioita ergonomiaan, työmenetelmiin ja työtapoihin. (Silta, Heikkilä & Kuorinka 1986, 11.)

Työterveyslaitoksen mukaan toistotyöksi määritellään työ, jossa työliikkeet toistuvat tavan takaa. Tarkemmin määriteltynä toistotyötä on työ, jossa yksi työvaihe kestää alle 30 sekuntia tai puolet työvaiheen työvaiheajasta on samojen työliikkeiden toistoa, riippumatta työvaiheen pituudesta. (Työterveyslaitos 2015.)

5.2 Työperäisten rasitusvammojen riskitekijät

Käytettäessä suurta käden puristusvoimaa ja jos työliikkeet toistuvat runsaasti, lisääntyvät riskit ranteen seudun jännetulehdusten, epikondyliitin (tenniselänpään) ja rannekanavaoireyhtymän esiintymiseen. Jos nämä kaksi tekijää yhdistyvät samassa työssä, on näillä toisiaan voimistava vaikutus. Työterveyslaitos on kerännyt tiivistelmän työn fyysisten kuormitustekijöiden yhteyksistä yläraajan rasisussairauksiin (taulukko 1).

++ = vahva yhteys todettu useissa tutkimuksissa, + = yhteys todettu useissa tutkimuksissa, +/- = yhteys epävarma tai tutkimustulokset ristiriitaisia, - = yhteyttä ei ole voitu osoittaa, ? = yhteyttä ei ole riittävästi tutkittu			
Kuormitustekijä	Ranteen ja käden jännetulehdukset	Epikondyliitti (tenniskyynärpää)	Rannekanava-oireyhtymä
Voimankäyttö	+	+	+
Työliikkeiden toistuvuus	+	+	+
Ranteen asento, puristus- tai pinsettiote	+/-	-	-
Kätehen kohdistuva värinä	?	?	+
Kuormitustekijöiden yhdistelmät	++	++	++

Taulukko 1. Työn fyysisten kuormitustekijöiden yhteyksiä yläraajan rasitussairauksiin (Työterveyslaitos 2015).

5.3 Toistotyö avaintunnisteen asennuksessa

Kokoonpano- ja tarkastusprosessi vastaavat hyvin pitkälle toistotyön määritelmää. Työn työterveydellisiä vaikutuksia pyritään vähentämään käyttämällä esimerkiksi työnkiertoa sekä vapaaehtoista taukoliikuntaa elpymistaukojen aikana. Työnkierrossa työntekijä sama työntekijä ei tee päivästä toiseen samaa työtä, vaan töitä vaihdetaan tarpeen mukaan.

Tunnistimen asennuksessa työntekijän käteen kohdistuva voima on melko pieni, mittalaitteella testattuna noin 7 Newtonia. Tämä vastaa noin 700 gramman painoa vastaavaa voimaa. Mikäli tunnisteen asennus automatisoidaan ja asennusvaihe jää käsityövaiheena pois, ei tällä ole kokoonpanovaiheen kannalta suurta merkitystä työterveyden kannalta.

Tutkimuksen aikana ilmeni, että tunnisteen asennusta suoritetaan kiireisinä aikoina myös erillisenä työvaiheena kokoonpanon nopeuttamiseksi. Erillisenä työvaiheena suoritettuna tunnisteen asennus on nopea, mutta yksitoikkoinen sekä

yläraajoja ja hartiaseutua rasittava työvaihe. Sama työvaihe toistuu jatkuvasti, käsiä pidetään pinsettioitteessa sekä puristetaan. Tarvittava puristusvoima ei ole suuri, mutta jatkuva, nopeatahtinen toisto aiheuttaa saman vaikutuksen kuin suurempi voima harvemmin toistettaessa.

5.4 Johtopäätökset automatisoinnin vaikutuksista työterveyteen

Työterveyden, ergonomian ja työhyvinvoinnin kannalta automatisointi on kannattavaa. Vaikutukset korostuvat erityisesti tilauskannan ollessa korkea ja tunnisteen asennusta erillisvaiheena tehtäessä. Automaatin suorittaessa tunnisteen asennuksen, voidaan tunnistuksen asennukseen käytettävät resurssit käyttää kii-retoimitusten purkamiseen toisaalle, mahdollisesti monipuolisimpiin ja vähemmän ranteita ja hartiaseutua kuormittaviin töihin. Tämä tuo kustannussäästöä vapautuvien henkilöstöresurssien muodossa. Pitkällä aikavälillä myös mahdollisten sairauspoissaoloista johtuvat kustannukset ovat ehkäistävissä.

Yksinomaan kyseisestä työvaiheesta johtuvia sairauspoissaoloja ei pystytty tarkentamaan ja työperäiset oireet ovatkin useimmiten useiden osatekijöiden summa. Työturvallisuuslain (738/2002) 24. §:n 1. momentin kohta 4 mukaan toistorasituksen työntekijälle aiheuttama haitta tulisi välttää tai, jollei se ole mahdollista, tulisi järjestää mahdollisimman vähäiseksi (Työsuojelulaki 728/2002). Toistotyön aiheuttamia haittoja tulisi ehkäistä jo ennalta tutkimalla työhön liittyviä kuormitustekijöitä ja parantamalla työolosuhteita (Työsuojeluhallinto 2015).

Automatisoinnin kustannuksia arvioitaessa tulee huomioida kokoonpano- ja tarkastustyötä suorittavien työntekijöiden mahdollisten sairauslomapäivien korkea hinta työnantajalle. Yksi sairauspäivä maksaa vähintään kaksinkertaisen hinnan tavalliseen työpäivään verrattuna. Jos sairastunut työntekijä korvataan rekrytoimalla sijainen, maksetaan molemmille palkkaa. Palkkojen lisäksi tulee huomioida myös uuden työntekijän perehdyttämisestä johtuvat kustannukset sekä asianmukainen työvaatetus. Useimmiten sijaisuutta tekevän työntekijän ammattitaito ei myöskään ole alussa pääsääntöisesti kyseistä työtä tekevän työntekijän tasolla ja tämä vaikuttaa alussa työtahtiin ja työn tuottavuuteen.

6 Valmistusprosessin ja valmistusmäärien analysointi

6.1 Valmistusprosessi raaka-aineesta asiakkaalle

Avaimen valmistaminen aloitetaan koneistamalla avaimenvarsi uushopeasta. Varsien koneistuksen suorittaa tähän tehtävään valmistettu erikoiskone, jossa varrelle tehdään muoto jyrsimällä sekä meistäällä (kuva 2).



Kuva 2. Avaimenvarren valmistus (Vesa Tuunainen 2015).

Koneistettu avaimenvarsi kulkee pesun ja rumpuhionnan kautta ruiskuvalu-koneelle, jossa avaimen varteen liitetään ruiskuvalamalla muovinen lehtiosa. Ruiskuvalun jälkeen avaimen perusaihio on valmis ja se siirretään läpivirtausva-raston kautta koneistettavaksi (kuva 3).



Kuva 3. Avaimenlehden valu suoritetaan kuvan kaltaisella koneella (Vesa Tuunainen 2015).

Seuraavaksi avaimen varsiosaan koneistetaan muoto, jota kutsutaan profiloinniksi. Jyrsintäautomaatti tarkastaa ennen profiiliurien jyrsintää avaimen oikean asennon. Avaimen oikean asennon tunnistaminen tapahtuu mekaanisesti tunnisteen kohdalta, avaimen lehdestä. Profiiliurien jyrsinnän yhteydessä automaatti suorittaa leimauksen avaimen varteen (kuva 4).



Kuva 4. Avaimen profilointi suoritetaan kuvan kaltaisella koneella (Vesa Tuunainen 2015).

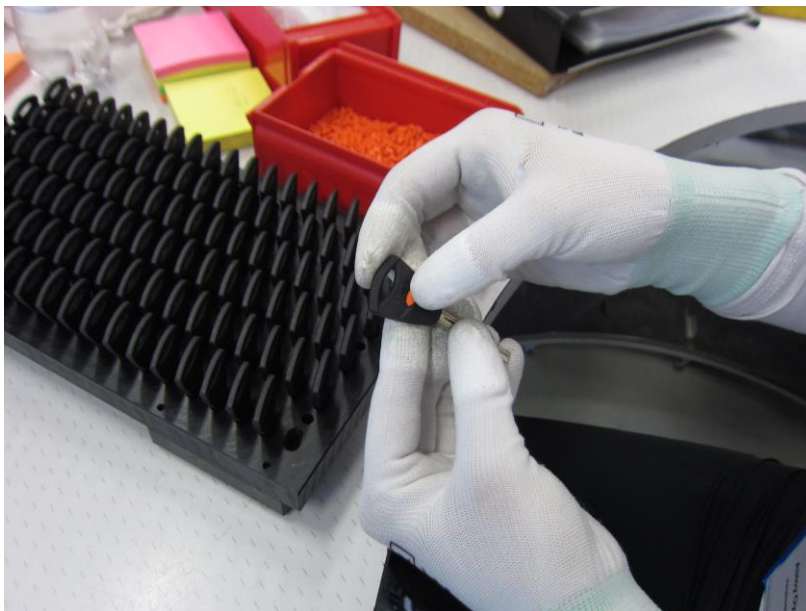
Profiloinnilla estetään väärän avaimen pääsy sisään erilaisella profiililla varustettuun lukkoon. Profiiliurien jyrksinnässä käytettävän leikkuuöljyn vuoksi avaimet siirtyvät prosessipesuun. Prosessipesun jälkeen avaimet siirtyvät varastohyllyyn.

Profiloidut avaimet siirtyvät hyllystä koodijyrsintään (kuva 5). Koodijyrsinnässä ei käytetä apuaineita, kuten leikkuuöljyä. Koska apuaineita ei käytetä, pesua ei työvaiheen jälkeen tarvita. Myös koodijyrsintäautomaatti tarkastaa ennen koodijyrsinnän koneistamista avaimen oikean asennon. Myös tässä tapauksessa avaimen oikean asennon tunnistaminen tapahtuu mekaanisesti tunnisteen kohdalta, avaimen lehdestä.



Kuva 5. Koodijyrsintäautomaatti (Vesa Tuunainen 2015).

Koodijyrsinnän jälkeen automaatti siirtää avaimet palettiin, jossa avaimet ovat järjestyksessä lukkojen kokoonpanovaihetta sekä laserleimausta varten. Paletissa avaimenlehdet ovat samansuuntaisesti, koska avaimen lehdessä on leimausalue vain toisella puolella. Avaimen järjestyksen säilyttäminen on ensiarvoisen tärkeää, koska muussa tapauksessa kokoonpanijan on mahdotonta löytää valmiiseen lukkoon sopivia avaimia. Laserleimauksen jälkeen avainpaletit siirtyvät kokoonpanovaiheeseen, jossa kokoonpanija tarkastaa lukon toiminnan ja asentaa tunnisteen paikalleen (kuva 6).



Kuva 6. Tunniste asennetaan käsin (Vesa Tuunainen 2015).

6.2 Johtopäätökset valmistusprosessin tämänhetkisestä tilasta

Kuten Kari Tuominen vuonna 2010 toteaa kirjassa Lean – Kohti Täydellisyyttä, virtaus tarkoittaa esimerkiksi tuotteiden, materiaalien sekä tiedon virtausta ilman väli- ja tuotevarastoja. Täydellistä virtausta ei kuitenkaan ole mahdollista soveltaa kaikkiin tilanteisiin. Kun täydellinen virtaus ei ole mahdollista, käytetään valmis-tuotevarastoja sekä puskurivarastoja eri työvaiheiden välillä. (Tuominen 2010, 72.)

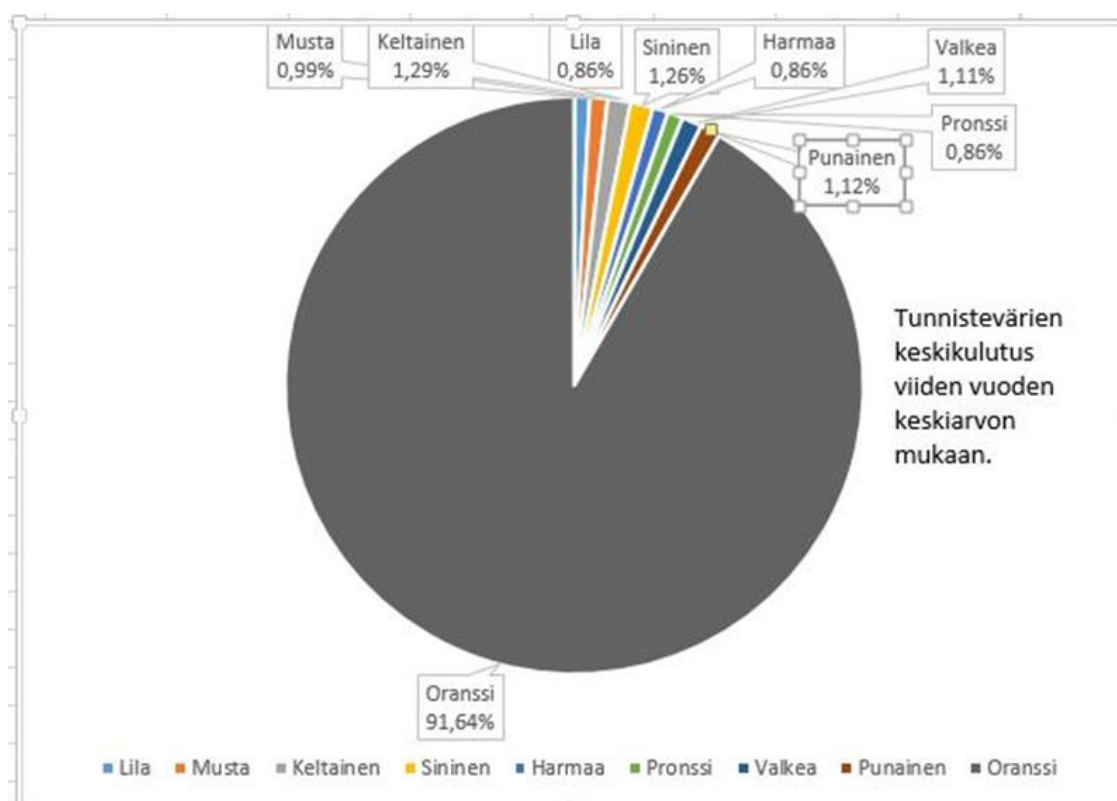
Tämänhetkinen valmistusprosessi noudattaa hyvin Lean-ajattelun mukaista visuaalista imuohjattua valmistusta (liite 1). Varastot ovat arvioitu kulutusta vastaavalle tasolle ja materiaalin virtaus on hyvällä tasolla, eikä tuotteita varastoida turhaan pitkiä aikoja. Signaali valmistuksen aloittamiseen tapahtuu visuaaliselta pohjalta ja valmistusketju raaka-aineesta koodiijysittyyyn avaimeen on nähtävissä alusta loppuun valmistusprosessin molemmista päistä.

7 Toimitusmäärien analysointi

7.1 Avaintunnisteiden eri värien osuus toimitetuissa avaimissa

Toimeksiannon mukaan oranssi väri on volyymiväriin asemassa. Tunnisteiden prosentuaalinen osuus on selvitetty muun tutkimuksen ohessa, käyttäen opinnäytetyötä tehtäessä tehtaalla käytössä ollutta varastonhallintaohjelmaa, Pakkia.

Kulutustietojen tarkastelu tuki toimeksiantajan näkemystä oranssin tunnisteväriin osuudesta muihin väriin (kuvio 1).



Kuvio 1. Tunnistevärien prosentuaaliset osuudet (Abloy Oy, 2014).

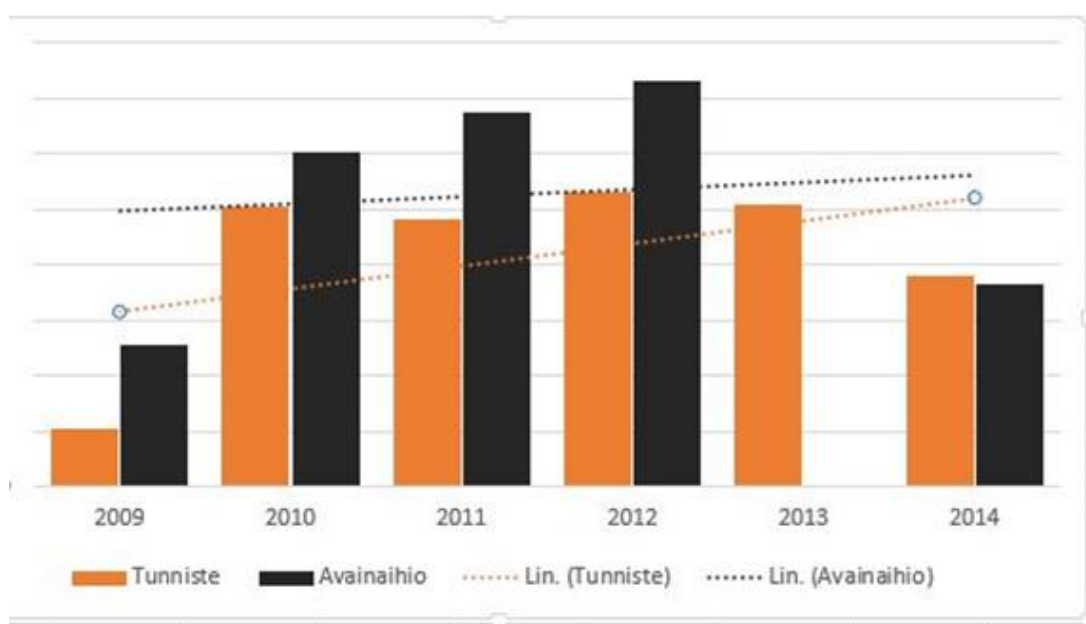
7.2 Avainaihioiden ja oranssin tunnisteiden kulutus

Avainaihioiden kulutusta on tutkittu useamman vuoden ajan ja aihoiden kulutusta on verrattu oranssin tunnisteiden kulutustietoihin. Kappalemäärät on sovittu jätet-

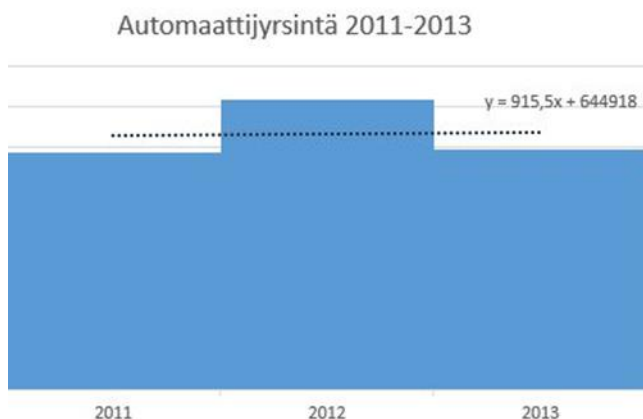
täväksi pois tutkimuksen julkaisusta liikesalaisuuden perusteella. Aihoiden kulutustiedoista puuttuvat vuoden 2013 tiedot. Tietojen puuttuminen on seurausta tilapäisestä varastohallintajärjestelmän muutoksesta aihoiden osalta (kuvio 2).

Taulukon perusteella on havaittavissa kulutuksen olevan edelleen kasvussa. Myös oranssilla tunnisteella varustettujen avaimien määrä ilman tunnistetta varustettuihin avaimiin on kasvava. Lievää vääristymää avainaihioiden trendiviivaan aiheuttaa vuoden 2013 tietojen puuttuminen.

Tutkimuksen aikana selvisi, että koodijyrsintäprosessia hoitavat koneenkäyttäjät pitävät omaa kirjanpitoa kyseisen prosessin kautta kulkevista avaimista. Vertailun vuoksi myös tämä kirjanpito on otettu huomioon (kuvio 3).



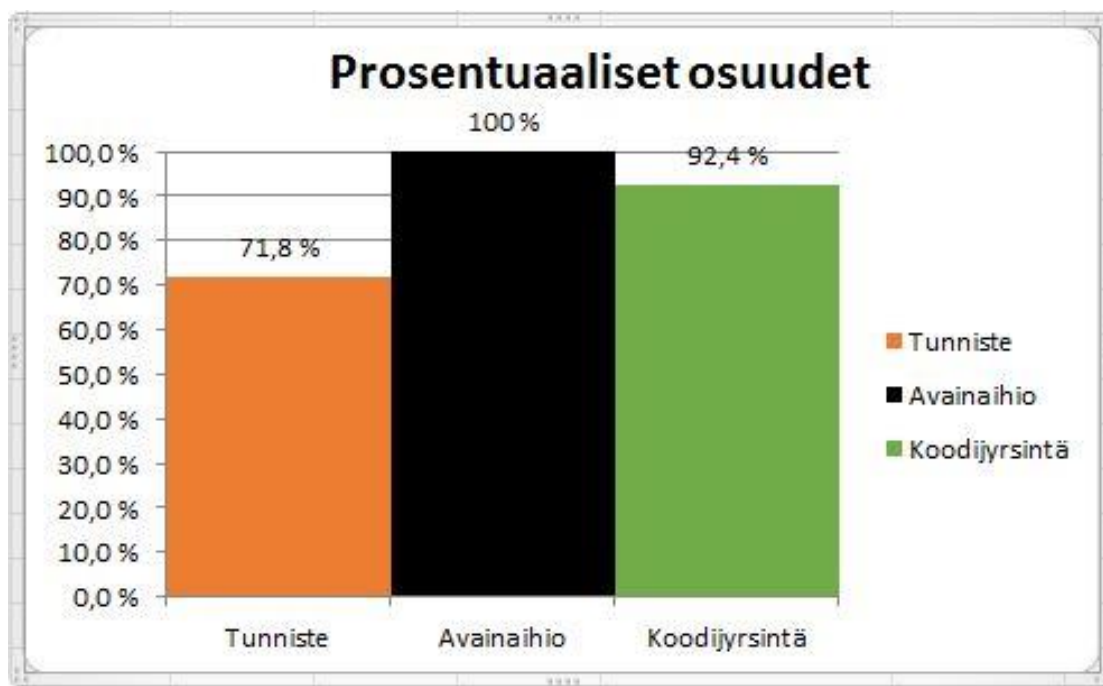
Kuvio 2, Avainaihioiden sekä oranssin tunnisteen kulutus (Pakki, 2014)



Kuvio 3. Koodijyrsintäautomaatin koneistusmäärät (Abloy Oy, Pakki, 2014).

7.3 Koodijyrsinnät käsin ja automaattilla

Vertaamalla koodijyrsintäautomaatin kirjanpitoa sekä avainaihioiden kokonaiskulutusta, on selvitetty myös automatisoidun koodijyrsinnän sekä käsin suoritettavan koodijyrsinnän prosentuaaliset osuudet. Käsityönä jysittävät avaimet toimitetaan lähinnä lisäävaimina. Noin 7,5 % avaimista jysitään käsin (kuvio 4).



Kuvio 4. Avainaihion, tunnisteiden sekä koodijyrsintäautomaatin prosentuaaliset osuudet (Abloy Oy, Pakki, 2014).

7.4 Johtopäätökset kulutustietojen perusteella

Kulutustietojen perusteella SENTO-avainmallin tuotantovolyymi on edelleen nousujohteinen, vaikka lanseerauksen jälkeen valmistusmäärä onkin alkanut vuositasolla tasoittua. Muiden kuin oranssin tunnistevärin osuus on pieni, yksittäiselle värille noin yhden prosentin luokkaa. Valtaosa, yli 70 %, avaimista toimitetaan oranssilla tunnisteella varustettuina. Myös käsin suoritettavan koodijärsynnän osuus on hyvin pieni, n. 7,5 %.

Tulokset vahvistavat toimeksiannossa arvioituja lähtöarvoja ja automatisoinnin suunnittelussa ei ole syytä kiinnittää suurta painoarvoa käsin järsittyihin avaimiin, eikä muihin värivaihtoehtoihin. Tämä vaikuttaa vaadittavan laitteen vaatimuksiin ja tätä kautta hankintahintaan.

8 Automaatin sijainnin suunnittelun käytännön kokeet

8.1 Automaatin sijoitukseen vaikuttavat tekijät

Automaatin sijoitusta suunniteltaessa selvitettiin riskit, jotka voisivat vaikuttaa avaimen ulkonäköön tai toimivuuteen. Automatisoinnin kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat myös nykyisten koneiden mahdollisesti vaatimat muutokset. Loppukäyttäjän kannalta avaintunnisteella ei ole muuta toiminnallista merkitystä, kuin avaimen tunnistettavuus muista avaimista värin perusteella. Avaintunnisteella on vaikutus myös avaimen ulkonäköön.

Suurimpina riskeinä avaintunnisteen asennuksessa ovat tunnisteen irtoaminen, sekä likaantuminen asennuksen jälkeisissä vaiheissa. Tuotteen laadun varmistamiseksi käytännön kokeet suoritettiin asentamalla avaintunniste käsin jokaisessa mahdollisessa arvioidussa sijoituspaikassa.

Sijoituspaikan suunnittelussa otettiin huomioon myös yrityksessä käytössä oleva Lean-ajattelu ja pohdittiin automaatin sijoittamista ja toimintaa Lean-menetelmin.

Lean-ajattelussa vältetään ylimääräinen toiminta joka ei tuota tuotteelle asiakkaan näkökulmasta lisäarvoa. Käytännössä tämä tarkoittaa työvaiheiden ja valmistusprosessin vertailua nykytilassa ja suunnitellun automatisoinnin välillä.

8.2 Tunnisteen asennus ruiskuvalun jälkeen

Testi suoritettiin asentamalla avaintunniste ruiskuvaluttuun avainaihiin. Tässä vaihtoehdossa automatisointi olisi sijoitettu ruiskuvalukoneen yhteyteen, tai vaihtoehtoisesti profiiliurien jysintäautomaatin yhteyteen. Vaihtoehtona olisi myös itsenäinen automaatti näiden työvaiheiden välissä.

Testin alussa havaittiin profiiliurien jysintäautomaatin tärymaljan, jonka kautta avaimet kulkevat koneistettaviksi, olevan hieman likainen. Jysintäautomaatti hylkäsi ensimmäiset testiavaimet. Syyksi havaittiin asentotunnistimet, jotka toimivat mekaanisesti tunnustelemalla kummalla puolella avainta on avaintunnisteen kuoppa. Koska avaintunniste oli asennettu paikalleen, ei kuoppaa ollut, eikä automaatti pystynyt tunnistamaan avaimen asentoa ja hylkäsi avaimet virheellisinä.

Profiiliurien jysinnän jälkeen testiavaimissa avaimissa oli havaittavissa öljyä, sekä jysinnässä syntyneitä työstölastuja (kuva 7).



Kuva 7. Avainaihiot profiiliurajyrinnän jälkeen (Vesa Tuunainen 2014).

Seuraava vaihe profiiliurien jyrinnän jälkeen on prosessipesu. Prosessipesu suoritetaan edellisessä vaiheessa käytetystä leikkuuöljystä johtuvan likaantumisen vuoksi. Testi suoritettiin sijoittamalla avaimet häkkiin, jossa oli yhteensä tuhat avainta, kuten normaalissa prosessipesussakin olisi. Pesun jälkeen avaimet tutkittiin ja havaittiin selkeää tummumista oranssissa tunnisteessa. Leikkuuöljyä ja likaa oli selkeästi tarttunut huokoisempaa materiaalia olevaan tunnisteeseen (kuva 8).

Kaikissa testatuissa avaimissa todettiin tunnisteiden olevan paikallaan. Hieman yllättävänä piirteenä havaittiin seuraavana päivänä tunnisteita poistettaessa, että tunnisteiden ja avaimen väliin oli päässyt pesuvettä, joka ei ollut vuorokaudessa päässyt kuivumaan.



Kuva 8. Avainaihiot prosessipesun jälkeen (Vesa Tuunainen 2014).

8.3 Tunnisteen asennus ennen koodijyrsintää

Koodijyrsintäautomaatissa avaimet kaadetaan tärymaljaan, joka syöttää avaimet automaattiin koneistettavaksi. Koska avainten reitti tärymaljassa on melko pitkä ja yksittäisen avaimen tärymaljassa kulkemaa aikaa on vaikea arvioida, testi suoritettiin kahdessa osassa.

Ensimmäisessä testissä varastossa olleisiin avaimiin asennettiin avaintunniste ja avainten annettiin pyöriä tärymaljassa puoli tuntia. Avainten pääsy jyrsintään esitettiin mekaanisesti ja avaimet palasivat takaisin tärymaljan pohjalle, kuten osalle avaimista todellisuudessa käy. Puoli tuntia katsottiin olevan selkeästi riittävä ja todellisuuteen nähden jopa lievästi ylimitoitettu.

Avaimia tarkasteltiin puolen tunnin testin jälkeen ja avaintunnisteissa, korkeimmalla kohdalla havaittiin erittäin lievää likaantumista (kuva 9).



Kuva 9. Avainaihiot puolen tunnin tärymaljassa pyörimisen jälkeen (Vesa Tuunainen 2014).

Testin toisessa vaiheessa varastossa olleisiin avaimiin asennettiin tunnistin ja avaimilla ajettiin normaali tuotantosarja alusta loppuun. Myös koodiijysintäauto- maatti tunnistaa avaimen asennon avaintunnisteen kuopasta, jota testatuissa avaimissa ole. Tämä ei estänyt koneen toimintaa, mutta avaimet saapuivat pale- tille satunnaisessa asennossa, joten normaalista poiketen avaimet oli käännet- tävä käsin oikeaan asentoon seuraavana vuorossa olevaa laserleimausta varten.

Avaimet tutkittiin ennen laserleimausta, eikä avaimissa havaittu likaantumista. Koodiijysintä suoritetaan ilman apuaineita ja tällä on suuri merkitys avaimen puh- taana pysymisen kannalta. Avaimissa ja avaintunnisteissa ei havaittu likaantu- mista tai tummentumia.

Oikeaan asentoon käännetyille avaimille suoritettiin laserleimaus ja avaimet tutkittiin uudelleen. Laserleimauksella ei havaittu olevan avainten puhtauden kannalta merkitystä, avaimet olivat puhtaudeltaan samantasoisia kuin ennen leimausta (kuva 10).



Kuva 10. Avaimet leimauksen jälkeen (Vesa Tuunainen 2014).

9 Automaatin sijoituspaikka ja vaihtoehdot

9.1 Sijoituspaikka

Avaintunnisteen asennuksen sijoittaminen oikein on ensiarvoisen tärkeää nykyisen laadun, materiaalin läpimenoajan sekä kustannusten kannalta. Tämänhetkinen valmistusprosessi on toimiva ja Lean-toiminnan mukaisen arvoajattelun mukaan hukkaa tulee vähentää ja välttää. Tutkimuksessa tuli hyvin selkeästi esille, että mitä lähemmäs valmistusprosessin alkupäätä automatisointi sijoitetaan, sitä

suurempi riski on avaimen ja varsinkin tunnisteiden likaantumiselle. Tunnisteiden irtoamista prosessien missään vaiheessa ei ollut havaittavissa.

9.2 Erillislaitte

Yksi mahdollisista vaihtoehtoista on itsenäinen automaatti, johon käyttäjä lataa avaimia sekä avaintunnistenastoja. Automaatti suorittaisi kokoonpanotyön ja valmiit avaimet tulisivat laatikkoon. Tämä vaihtoehto on joustava ja antaa mahdollisuuden sijoittaa automaatti tarpeen mukaan lähes mihin tahansa. Toisaalta vaihtoehto on Lean-toimintamallin mukaan huonoin vaihtoehto, aiheuttaen eniten tuotteelle lisäarvoa tuottamatonta hukkaa.

Itsenäinen automaatti vaatii käyttäjän. Käyttäjä ei ole sidottu automaatin kyseessä ollessa tähän työhön jatkuvasti, mutta aika, jonka käyttäjä operoi automaatin parissa, on pois siitä ajallisesta hyödystä, joka saavutetaan käsin suoritettavan kokoonpanotyön ajasta.

Erillisestä automaatista tuleville avaintunnisteella varustetuille avaimille on perustettava oma nimike ja nimikenumero, jolla erotetaan ilman tunnistetta ja tunnisteella varustetut avaimet. Suotavampaa on pitää nimikevalikoima mahdollisimman suppeana. Tämä vaihtoehto vaatii tunnisteella varustetuille avaimille erillisen varastopaikan.

9.3 Koodijyrsintäautomaattiin integroitu yksikkö

Koodijyrsintäautomaatin sisään integroitu lisäyksikkö olisi erinomainen vaihtoehto. Koodijyrsintäautomaatti itsessään sisältää robotin. Robotit ovat joustavia ja mukautuvia lisälaitteita. Tarkemmissa tutkimuksissa robotin havaittiin kuitenkin olevan jopa automaatin muiden toimintojen tahtiaikaa hitaampi, joten lisätoimintojen ohjelmointi nykyiseen robottiin hidastaisi koko automaatin tahtiaikaa. Ratkaisuna tähän ongelmaan olisi toisen robotin sijoittaminen tunnisteiden asennustyöhön.

Tämän vaihtoehdon suhteen suurin ongelma oli osaavan tahon puute. Laitevalmistaja on lopettanut koneiden rakennuksen, eikä toistaiseksi ole löytynyt laitevalmistajaa, joka osaisi muokata tämän kyseisen koneen ohjelmistoa.

9.4 Koodijyrsintäautomaatin ja laser-leimauksen välissä

Tämä sijoituspaikka oli valittu pari vuotta aiemmin ja vaihtoehdosta oli käytettävissä tarjous automatisointiin erikoistuneelta yritykseltä. Koodijyrsinnän ja laserleimauksen välissä oleva automaatti välttää käytännössä kaikki likaantumista aiheuttavat riskitekijät. Huonona puolena tässä vaihtoehdossa on paletoinnin aiheuttama kustannus laitteistovaatimusten myötä. Koodijyrsinnästä saapuvat avaimet ovat tarkassa järjestyksessä paletteissa ja saman järjestyksen tulee säilyä kokoonpanovaiheeseen saakka. Myös koneenkäyttäjän toimenkuvaan tulisi hieman muutoksia ja tuotteen läpimenoaika kasvaa palettien siirtelyyn käytetyn ajan verran. Näin ollen laitteistosta tulee kustannuksiltaan turhan kallis saatuun hyötyyn nähden.

9.5 Automaatti osana koodijyrsintäautomaatin syöttölaitteistoa

Koodijyrsintävaiheessa avaimen likaantuminen on vähäistä, suurin riski likaantumisen suhteen on tärymaljan osalta. Yksi vaihtoehto tässä prosessin vaiheessa olisi automaatti, joka syöttää tunnisteella varustetun avaimen koodijyrsintäautomaatin tärymaljaan. Tästä parempi vaihtoehto olisi kytkeä automaatti syöttämään avaimia suoraan koodijyrsintäautomaattiin. Tässä tapauksessa avaimet pyritäisiin syöttämään aina samassa asennossa, jolloin koodijyrsintälaitteen asentotunnistusta ei tarvitse uusia. Jos automaatilla saa ohitettua nykyisen syöttölaitteena toimivan tärymaljan ja laite toimii koodijyrsintälaitteen koneajan puitteissa, eli ei hidasta prosessia, on tämä laitteen toiminta-vaatimusten kannalta vaihtoehdoista järkevin. Ylimääräistä oheistoimintaa ei juuri esiinny, eikä valmistusprosessiin pääse syntymään pullonkauloja.

Myös tärymaljaan tunnisteella varustettuja avaimia syöttävä laite on hyvä vaihtoehto. Täry-malja tuo kuitenkin pienen riskin likaantumisen suhteen. Tässä vaihtoehdossa korostuu täry-maljan puhtaanapito ja huolto.

9.6 Johtopäätökset sijoituspaikasta ja vaihtoehtoista

Vaihtoehto, jossa automaatti syöttää valmiit avaimet koodijyrsintäautomaatin lineaarille, todettiin parhaaksi vaihtoehdoksi. Perusteluina olivat nykyisen valmistusprosessin virtauksen säilyminen lähes ennallaan, riskien vähäisyys sekä mahdollisimman pientä tarpeettomien oheistoimintojen, toisin sanoen hukan lisääntymistä.

10 Tarjouspyynnöt

10.1 Tarjouspyynnön lähettäminen sekä toimittajavaihtoehdot

Tutkimusten ja käytännön koeajojen perusteella päätettiin suorittaa tarjouspyynnöt laitteesta, joka suorittaa kokoonpanon ja syöttää tunnisteella varustetun avaimen koodijyrsintäautomaatin lineaarille. Olemassa oleva tärymalja jää muiden avainmallien käyttöön.

Valitussa vaihtoehdossa koodijyrsintäautomaattia käyttävän työntekijän toimenkuva muuttuisi hieman. Uutena asiana tulisi tunnisteiden syöttäminen kokoonpanolaitteeseen. Avainaihiot syötettäisiin kokoonpanoautomaatin tärymaljaan entisen tärymaljan sijaan. Ajallisesti tällä toiminnan muutoksella ei ole kokonaisuuden kannalta suurta merkitystä. Koneenkäyttäjä myös varmistaa kokoonpanoautomaatin toiminnan muun laadunvalvonnan yhteydessä.

10.2 Tarjouspyynnöt

Tarjouspyyntöjä tehtäessä pohdittiin, kuinka yksityiskohtainen tarjouspyynnön tulee olla. Tarjouspyynnöt päädyttiin muotoilemaan melko yksinkertaiseksi, jolloin tarjouspyynnön vastaanottajalle muodostuu mielikuva laitteen vaaditusta toiminnasta sekä vaaditusta koneajasta (liite 2). Koneajalla tarkoitetaan yhden kokoonpanosuorituksen kestoajaa, eli yhtä työkiertoa.

Vaadittu koneaika määräytyi tässä tapauksessa koodijyrsintäautomaatin koneajan perusteella. Vaadittu koneaika oli hieman lyhyempi kuin koodijyrsintäautomaatista mitattu koneaika. Tällä varmistettiin prosessin tämänhetkisen suorituskyvyn säilyttäminen.

Tarjouspyyntöjen yhteydessä toivottiin palaverin järjestämistä Abloy oy:n Joensuuun tehtaalla. Palaverin yhteydessä toimittajille järjestetään mahdollisuus tutustua tarjouspyynnön kohteena olevan laitteiston toimintaympäristöön ja saada tarvitsemiaan lisätietoja tarjouspyyntöön liittyen.

10.3 Toimittajien valinta

Toimittajavalinnoissa otettiin huomioon toimittajien erityisosaamisalueet, aikaisemmat kokemukset toimittajista. Tarjouspyynnöt päätettiin lähettää kahdelle automatisointiin erikoistuneelle Pohjois-Karjalaiselle yritykselle, joilla tiedettiin olevan aikaisempaa kokemusta ja ammattitaitoa muovituotteiden kokoonpanosta. Yritysten kanssa on ollut aikaisempaa yhteistyötä ja toinen yrityksistä oli tehnyt tarjouksen avaintunnisteen asennukseen liittyen muutamaa vuotta aiemmin. Kyseinen tarjous oli tehty eri lähtötiedoilla ja laitteistovaatimuksilla.

Tarjouspyyntö lähetettiin myös yhdelle Etelä-Suomessa sijaitsevalle erikoiskoneita valmistavalle yritykselle. Tämän yrityksen kanssa yhteistyötä on tehty useita vuosia, mutta lähinnä koneistukseen liittyvien projektien tiimoilta, eikä muovituotteiden kokoonpanoon liittyvästä aikaisemmasta kokemuksesta ollut tietoa.

11 Tarjoukset toimittajilta ja takaisinmaksuajan laskeminen

11.1 Takaisinmaksuajan laskentakaavat

Tässä kappaleessa esitellään laskentakaavat, joiden perusteella laskenta on suoritettu. Laskentakaavoissa ei ole otettu huomioon epäsuoria säästöjä.

- $\text{Tahtiaika/kpl} \times \text{vuosittainen tuotantomäärä} = \text{kokoonpanoon käytettävä aika/vuosi}$
- Kokoonpanoon käytettävät tunnit vuodessa/työtuntijärjestelmän mukaiset työtunnit = henkilötyövuodet
- $\text{Henkilötyövuodet} \times \text{kokoonpanotyöntekijän kustannukset vuodessa} = \text{käsityövaiheen vuosittaiset kustannukset}$
- $\text{Laitteen hankintahinta/käsityövaiheen vuosittaiset kustannukset} = \text{takaisinmaksuaika vuosina}$

11.2 Takaisinmaksuajan laskennan perusteet

Takaisinmaksuaikaa laskettaessa laskettiin aluksi tunnisteiden asennukseen vuosittain käytetty työaika. Asennukseen käytettyä tuntimäärää verrattiin työntekijän vuosittaiseen työtuntimäärään. Laskennassa selvisi käytetyn ajan vastaavan 0,8 henkilötyövuotta. Jos automatisointi toteutetaan, konkreettisimmat säästöt vuosittain ovat käsityövaiheeseen vuosittain kuluvat henkilöstökulut.

Tarjouksen kohteena oleva automaatti on erikoislaite, joka on suunniteltu juuri kyseessä olevaa avaimen tunnisteiden asennusta varten, tästä syystä laitteen jälleenmyyntiarvoa ei laskennassa oteta huomioon.

11.3 Tarjousten tarkastelu ja johtopäätökset kannattavuudesta

Opinnäytetyön aikana saatiin tarjous yhdeltä yritykseltä. Myös toinen yritys on luvannut tehdä tarjouksen, mutta aikatauluongelmien vuoksi tarjouksen tekemisen ajankohdasta ei opinnäytetyötä tehtäessä ollut tietoa. Tulevan tarjouksen todettiin palvelevan toimeksiantajaa myöhemminkin, valmiin toimintamallin perusteella tarjousta voidaan helposti verrata jo saatuun tarjoukseen.

Suurimmaksi yksittäiseksi haasteeksi osoittautui tunnisteen käsittely. Tunnisteen pieni koko, keveys ja muoto asettavat luotettavan toiminnan kannalta haasteita. Tunnisteen kuljetus ja asemointi vaativat avuksi konenäön ja tämä nostaa osaltaan laitteiston kokonaiskustannuksia.

Saadussa tarjouksessa kappaleenkäsittelyä suorittaisivat kaksi robottia. Roboteista toinen suorittaa avaimen käsittelyä ja toinen taas tunnisteen käsittelyä. Laskennassa laitteen takaisinmaksuajaksi säästöjen perusteella tulisi 5,1 vuotta. Takaisinmaksuaikaa voidaan pitää melko pitkänä. Laskentaperusteina käytettiin kolmen vuoden keskiarvokulutusta. Mikäli myynnin kasvu tulevina vuosina jatkuu, takaisinmaksuaika laskennallisesti lyhenee.

Mahdollisten työterveys- ja ergonomiaparannusten tarkkaa rahallista säästöä on vaikeaa arvioida. Tilauskannan huippujen aikana tehtävä erillisvaihe on kuitenkin haasteellinen ergonomian kannalta ja lisää sairastumisten mahdollisuutta. Toistotyöstä siirtyminen monipuolisempaan työhön parantaa myös työviihtyvyyttä.

Opinnäytetyö rajattiin koskemaan SENTO-avainjärjestelmää. Automatisointi on mielestäni SENTO-avaimen osalta järkevää, mutta taloudellinen kannattavuus on kyseenalaista. Mikäli SENTO-avainjärjestelmän tuotantomäärä kaksinkertaistuu, on takaisinmaksuaika hyvällä tasolla.

PROTEC-avainjärjestelmän valmistusprosessi on erilainen, mutta koodijyrsintää suoritetaan samalla koodijyrsintäautomaatilla SENTO-avaimen kanssa. On suositeltavaa suorittaa jatkotutkimuksena kulutusseuranta koodijyrsintäautomaatilla

PROTEC-avaimelle sekä suorittaa uudet tarjouspyynnöt automaattista, joka soveltuu myös PROTEC-avaimen tunnisteen asennukseen.

12 Pohdinta

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja haastava. Työskentelen Abloy Oy:n palveluksessa Lukot-liiketoimintayksikössä, osavalmistuksessa. Työni liittyy avaimien koneistukseen, joten avainten valmistusprosessi on osittain tuttu työni kautta. Opinnäytetyö antoi mahdollisuuden tutustua insinöörin työnkuvaan ja toimintatapoihin Abloy Oy:ssä. Abloy Oy:n Lukot-liiketoimintayksikön tuotannonkehityksestä vastaava henkilöstö oli tiedonsaannin ja toimintatapoihin tutustumisessa avainasemassa. Opinnäytetyötä tehtäessä henkilöstön toiminta oli kannustavaa, ja pyydettyjä tietoja oli saatavissa avoimesti.

Opinnäytetyön toiminnalliset osuudet, kuten testiajot, suoritin itselleni suurelta osin tutussa työskentely-ympäristössä. Opinnäytetyö painottuikin suurelta osin käytännön toimintaan. Osaa koneista käytän päivittäin työssäni, ja tämä helpotti testiajojen suorittamista huomattavasti. Toisaalta valmistusprosessin tarkastelu tuotantoa kehittävästä näkökulmasta ja kokonaisuutta tarkastellen antoi uusia näkökulmia myös tulevaisuutta ja ammatillista kasvua ajatellen. Opinnäytetyöprosessi antoi itselleni selkeämmän kuvan siitä, mitä automatisointia harkitessa tulee ottaa huomioon.

Vaikka opinnäytetyön perusteella automatisoinnin takaisinmaksuaika jäi kyseisen avainmallin kohdalla turhan pitkäksi ja näin ollen kannattamattomaksi, opinnäytetyö antoi selkeän kuvan automatisoinnin sijoituksesta tuotantoketjussa. Työn aikana selvisivät myös jatkotutkimuskohteet, joilla kannattavuutta on mahdollista parantaa. Opinnäytetyön tavoitteet täyttyivät lopputuloksen osalta.

Opinnäytetyötä tehtäessä myös kannattavuuden tärkeys hahmottuivat minulle paremmin. Vaikka automaatiota pidetäänkin yleisesti kotimaisen teollisuuden ke-

hityksen ja jatkuvuuden kannalta erittäin tärkeäksi, on kannattavuutta tarkasteltava huolellisesti. Teollisuudessa on runsaasti töitä, joiden suorittaminen on käsitäyönä edelleen kannattavampaa kuin automatisointi

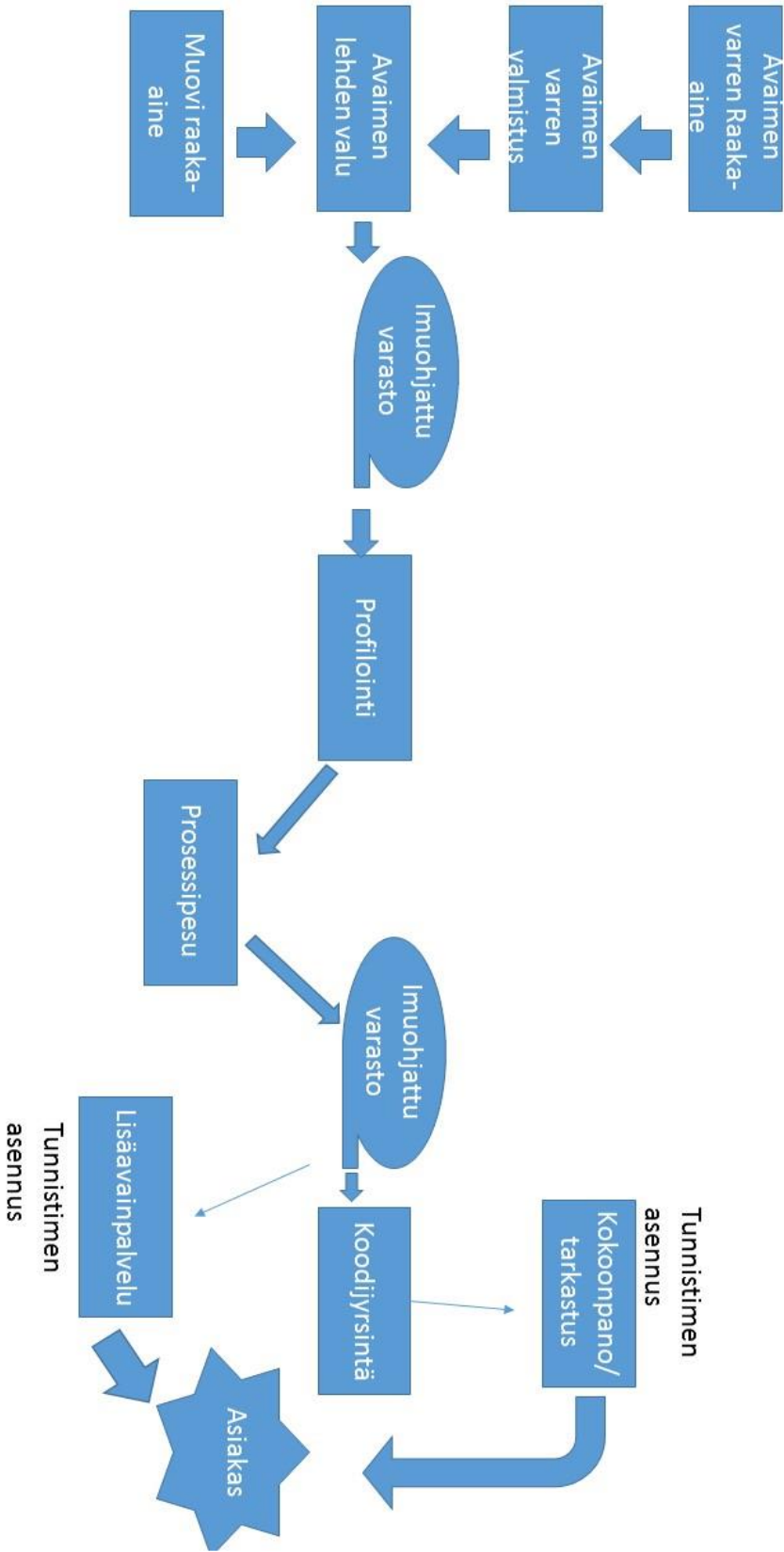
Työn aikana pääsin tutkimaan tarkemmin myös Lean-ajattelua, joka on Abloy Oy:n toiminnassa voimakkaasti mukana. Lean-toiminnan ymmärtäminen on tärkeässä asemassa myös ammatillisen kasvun kannalta ajateltuna. Opinnäytetyön aikana havaitsin valmistusprosessin olevan varsinkin avaintuotannon osalta Lean-ajattelun mukaista, eikä ylimääräistä kuljettelua tai varastointia ollut havaittavissa. Automaatin sijoittamisen suunnittelua Lean-ajattelu auttoi huomattavasti.

.

Lähteet

- Aaltonen, K.;& Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY - Kirjapainoyksikkö.
- Abloy Oy. Syyskuu 2009. Abloy Oy: Esitteet: Avainpesat mekaaniset lukitusjärjestelmät.fi/Abloy/FI/Esitteet/Kiinteist%C3%B6jen%20lukitus/8803100.pdf. 16.1.2015
- Abloy Oy. 2014. Pakki. Kirjanpito. Joensuu.
- Abloy Oy. 2015. Avainkanava: Lean toimintaperiaatteet. Haettu 15. Tammikuu 2015 osoitteesta Avainkanava.
- Abloy Oy. 2015. Yritysesittely <http://b2c.abloy.fi/fi/abloy/b2c/Yritys/> 14. Tammikuu 2015
- Juvonen, J. 2007. Avaimen Arvoinen, ABLOY 100 vuotta. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Lapinleimu, I.;Kauppinen, V.;& Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY -Kirjapainoyksikkö.
- Liker, J. K.;& Convis, G. L. 2012. Toyotan tapa Lean-johtamiseen. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- Silta, J.;Heikkilä, S.;& Kuorinka, I. 1986. Ergonomia toistotyössä. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.
- Tekes. 2010. Tekesin katsaus 271/2010, Automatisointi tuotannon tukena. http://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/automaatio_liiketoimintapro sessien_tukena.pdf 26.4.2015
- Tuominen, K. (2010). Lean - Kohti Täydellisyyttä. Teoksessa K. Tuominen, Lean - Kohti täydellisyyttä. Juva: WS Bookwell Oy.
- Työsuojeluhallinto. 2015. Työsuojeluhallinto: Toistotyö. <http://www.tyosuoja.fi/fi/toistotyö>. 27. 2 2015
- Työsuojelulaki. 2002. 728. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20020738#Pid1903237> 26.3.2015
- Työterveyslaitos. (25. tammikuu 2015). Työterveyslaitos; Työn fyysisiä kuormitustekijöitä. http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/tyon_fyysisia_kuormitustekijoita/toistotyö/sivut/default.aspx. 25.1.2015

Avainvalmistusprosessin virtauskaavio



Tarjouspyyntö

Vesa Tuunainen

Abloy Oy

9.2.2015

TARJOUSPYyntö, alustava 28.1.2015, voi täsmentyä

Pyydämme tarjoustä kokoonpanoautomaatista, joka asentaa avaintunnisteen (piir.no.D812391) avaimen lehteen (piir.no.D812322).

Tekninen kuvaus

- Kokoonpanoautomaatti sijoitetaan olemassa koodijysintäautomaatin Mul-T-Lock Key Cutting Machine, nro 91706, (Abloy:n kone nro. 1306) yhteyteen.
- Kokoonpanovaihe tehdään ennen avaimien syöttämistä kuvan 1 lineaariin.
- Valmiit avainaihiot syötetään Mul-T-Lock automaatin lineaarille , avaimenlehti edellä, tunnistin alaspäin.
- Avainaihiot sekä tunnistet syötetään tunnisteen kokoonpanoon esim. tärymaljoista
- Kokoonpanoautomaatin tahtiaika max. 8 s/kpl.

Tarjous sisältää

- Tarvittavan kokoonpanolaitteiston
- Tarvittavat tärymaljat sekä syöttölaitteistot
- Kokoonpanoautomaatin ohjaus sekä mahdolliset kättelyt ja tahdistus jysintäautomaatin kanssa
- Turva-ovet ym. koneturvallisuusmääräysten vaatimat asiat